تعامل کلسیم و پتاسیم در ترمیم برخی اثرات منفی تنش شوری در کوشیا

جعفرنباتی*[۱]، احسان کشمیری[۲]، محمد کافی[۳]، محمدزارع مهرجردی[۴]، سعید خانی نژاد[۲] و علی نوروزیان[۲]

[۱]دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، شرکت فناوران بذر یکتا، [۲]دانشجویان دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد [۳]عضو هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و [۴]عضو هیات علمی مجتمع آموزش عالی شیروان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۹)

چکیده:

شوری به عنوان یک تنش محیطی مهم و مشکل عمده در کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک مطرح است. کوشیا به عنوان یک گیاه بسیار متحمل به شوری می‌تواند از طریق تولید زیست توده مناسب با مصرف آب شور منبع خوبی را برای تعلیف دام فراهم کند. به منظور بررسی کاربرد کلسیم و پتاسیم بر کاهش اثر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های گیاه کوشیا، آزمایشی با سه سطح شوری (۲۰dSm^{-1} و ۴۰dSm^{-1} و تیمار شاهد) و سه سطح کاربرد کلرید کلسیم (۱۰ mM)، کلرید پتاسیم (۱۰ mM) و کاربرد توام کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم (۵ mM) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های خرد شده با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸و شرایط آب کشت اجرا شد. نتایج نشان داد که افزایش تنش شوری موجب کاهش وزن تر، وزن خشک و درصد ماده خشک شاخساره و ریشه و همچنین سبب کاهش شاخص سطح سبز، حجم ریشه، پتاسیم اندام هوایی و ریشه، کلسیم و پتاسیم اندام هوایی و ریشه شد. تنش شوری باعث افزایش سدیم اندام هوایی و ریشه و همچنین نسبت سدیم به پتاسیم گردید. کاربرد کلسیم به تنهایی باعث افزایش کلسیم اندام هوایی و کلسیم ریشه شد. کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم در بیشتر صفات تاثیر مثبتی در کاهش اثرات شوری از خود نشان داد. در بررسی اثر متقابل شوری و عناصر کلسیم و پتاسیم کاربرد کلسیم در تیمار شوری ۴۰dSm^{-1} به تنهایی باعث کاهش سدیم ریشه گردید. کاربرد کلسیم در تیمارهای شوری ۲۰dSm^{-1} و ۴۰dSm^{-1} بیشترین تاثیر را در افزایش کلسیم اندام هوایی و ریشه از خود نشان داد. همچنین کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم در تیمارهای شوری باعث بهبود بسیاری از صفات مورد مطالعه گردید. به طور کلی بر اساس این نتایج کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم موجب کاهش اثر تنش شوری و بهبود میزان تولید ماده خشک کوشیا در این شرایط شد.

کلمات کلیدی: آب کشت، ریشه، شاخص سطح سبز، علوفه.

مقدمه:

شوری از مهمترین عوامل کاهش رشد و تولید گیاهان در سراسر دنیا می‌باشد (Chen *et al.*, 2009). بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی موجود در سراسر جهان تحت تاثیر شوری قرار گرفته، که این مقدار معادل شش درصد از مساحت کل اراضی جهان می‌باشد (Munns, 2002). جهت

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Jafarnabati@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

دستیابی به روش‌های موثر برای حل مشکل تنش شوری در کشاورزی، درک فیزیولوژی تحمل گیاهان به شوری دارای اهمیت است (Wahomee *et al.*, 2001). زیادی غلظت یون‌ها، به ویژه Na^+ و Cl^- نه تنها موجب از دست رفتن تعادل یونی شده، بلکه منجر به سمیت یونی در گیاه می‌شود. افزایش غلظت یون سدیم (Na^+) در گیاه موجب کاهش جذب یون‌های پتاسیم (K^+) می‌شود. با افزایش جذب سدیم کاهش جذب یون‌هایی مانند کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) توسط گیاه انجام می‌گیرد (Wahomee *et al.*, 2001).

انسان همواره در تلاش بوده تا با یافتن راه‌کارهای مناسب و مقرون به صرفه از نظر اقتصادی با مشکلات پیش روی خود مقابله کند. در همین راستا جهت غلبه بر مشکل شوری به دنبال راهکارهای متفاوتی بوده است که از جمله آنها می‌توان به شناسایی مکانیزم‌های تحمل به تنش شوری و انتقال این صفات به گیاهان زراعی حساس به شوری اشاره کرد. در این زمینه با توجه به نتایج حاصله موفقیت زیادی حاصل نشده است (Munns and Tester, 2008). بنابراین باید دیدگاه کشت گیاهان زراعی رایج در اراضی شور را به کشت گیاهان سازگار در این اراضی، که تولید نسبتاً مورد قبولی داشته باشند تغییر داد (Kafi *et al.*, 2010). البته باید به این نکته توجه داشت که تولید در محیط رشد پر تنش، موارد مصرف این گیاهان را با گیاهان زراعی رایج متفاوت و مصارف آنها را خاص کرده است، به عنوان مثال تولید سوخت‌های زیستی، علوفه، روغن‌های صنعتی، دارو و غیره نمونه‌هایی از مصارف این گیاهان می‌باشد (نباتی و همکاران، ۱۳۹۰).

همچنین استفاده از ترکیباتی که در کاهش تنش شوری نقش عمده‌ای دارند می‌تواند در تولید بیشتر این گیاهان جایگزین در شرایط شور مؤثر باشد. کلسیم و پتاسیم عناصر پر مصرفی هستند که به دلیل کارکردهای ویژه خود اهمیت زیادی در کنترل تنش‌های محیطی به خصوص شوری در گیاهان دارند. کلسیم در گیاهان نقش‌های بسیاری از مقادیر اندک در تنظیم برخی متابولیسم‌های سلولی گرفته تا مقادیر زیاد در ساختار دیواره سلولی دارد (Akinci and Simsek, 2004). این در حالی است که در شرایط تنش‌های محیطی به خصوص تنش شوری علاوه بر بروز تداخل کلسیم با برخی عناصر دیگر (مانند سدیم)، کارکرد این عنصر در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش ویژه‌ای در میزان تحمل به تنش پیدا می‌کند. در شرایط شور افزایش غلظت سدیم موجب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم و در نتیجه کمبود پتاسیم در گیاه می‌شود. لذا مصرف پتاسیم میزان تحمل به شوری گیاه را افزایش می‌دهد (خوش‌گفتارمنش و سیادت، ۱۳۸۱).

با توجه به نقش مهم کلسیم و پتاسیم در تخفیف اثرات منفی تنش شوری در گیاهان این آزمایش با هدف بررسی اثر این عناصر بر برخی خصوصیات کوشیا در شرایط تنش شوری شدید و در شرایط کنترل شده انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این مطالعه به صورت کرت‌های خرد شده و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ به اجرا درآمد. سطوح شوری به عنوان عامل اصلی و عناصر غذایی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. جهت انجام آزمایش ابتدا بذور کوشیا در گلدان‌های حاوی ماسه شسته شده کشت شدند و ۱۰ روز پس از کاشت با غرقاب کردن گلدان‌ها گیاهچه‌ها از محیط ماسه خارج و به محیط هیدروپونیک انتقال یافتند. سیستم هیدروپونیک مورد استفاده شامل لوله‌هایی از جنس پلی‌ونیل کلراید (PVC) با قطر ۶ سانتیمتر و طول ۱/۵ متر بود که با فاصله ۵۰ سانتیمتری از یکدیگر به صورت افقی قرار گرفته بودند. روی این لوله‌ها منافذی با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر تعبیه شده بود که گیاهچه‌ها در این منافذ مستقر شدند. هر یک از لوله‌ها با سه لیتر محلول غذایی هوگلند (Hoagland and Arnon, 1950) پر شده بود که هر دو هفته یک بار تا پایان آزمایش تعویض می‌شد. دو هفته پس از انتقال گیاهچه‌ها به محیط هیدروپونیک تیمارهای تنش شوری و افزایش عناصر غذایی کلسیم و پتاسیم به محیط کشت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

اعمال شد. برای این منظور تیمار تنش شوری با استفاده از نمک کلرید سدیم در دو سطح ۲۰ و ۴۰dSm^{-1} و تیمار بدون شوری (شاهد) و تیمارهای عناصر غذایی شامل کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم هر یک به میزان ۱۰ میلی‌مولار و تیمار مخلوط کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم هر یک به مقدار پنج میلی‌مولار علاوه بر عناصر موجود در محلول غذایی اعمال شدند. لازم به ذکر است این مقدار شوری در اثر کلرید سدیم ایجاد شده و مواد غذایی محلول هوگلند نیز حدود ۲dSm^{-1} هدایت الکتریکی ایجاد می‌کنند که این مقدار باید به هدایت الکتریکی کل اضافه گردد. چهار هفته پس از اعمال تیمارها، برداشت انجام گرفت و بلافاصله شاخص سطح سبز با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدلLI-COR) تعیین شد و حجم ریشه به روش حجمی با استفاده از استوانه مدرج با تغییر حجم آب در اثر غوطه‌ور کردن ریشه در آن بدست آمد. به منظور تعیین درصد ماده خشک اندام هوایی و ریشه، نمونه‌های تر اندام هوایی و ریشه پس از وزن شدن به درون آون ۸۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت منتقل شد تا خشک شوند. در ادامه وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری و درصد ماده خشک اندام هوایی و ریشه براساس میزان رطوبت و ماده خشک باقی مانده محاسبه شد. غلظت سدیم و پتاسیم ریشه و برگ، پس از هضم، با دستگاه شعله سنج (UK-Jenway) و کلسیم با دستگاه طیف سنج جذب اتمی شعله‌ای تعیین شد (Tandon, 1995).

جهت تجزیه‌های آماری از نرم افزار SAS 9.1 و Mstatc استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD و در سطح یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث:

وزن تر شاخساره با افزایش شدت تنش شوری از تیمار شاهد به ۲۰dSm^{-1} افزایش و در تنش شوری۴۰dSm^{-1} کاهش معنی‌داری (P≤۰/۰۵) پیدا کرد (جدول ۱). کاربرد جداگانه عناصر کلسیم و پتاسیم نشان داد که میزان وزن تر شاخساره در تیمار استفاده از پتاسیم چهار درصد بیشتر از کاربرد کلسیم بود، از طرف دیگر میزان وزن تر شاخساره در تیمار کلسیم همراه با پتاسیم در مقایسه با کاربرد جداگانه هر یک از آنها به ترتیب ۵/۳ و ۱/۲ درصد بیشتر بود (جدول ۱). بررسی برهمکنش عناصر و تنش شوری نشان داد که کاربرد کلسیم و پتاسیم در تنش شوری dSm^{-1} ۲۰ موجب افزایش مقدار وزن تر شاخساره نسبت به تیمار بدون تنش گردید، با این وجود اثر کلسیم بر افزایش میزان وزن تر شاخساره بیشتر از پتاسیم بود. در تیمار شوری ۴۰dSm^{-1} میزان کاهش وزن تر شاخساره در تیمار استفاده از پتاسیم کمتر از کاربرد کلسیم بود (جدول ۲). Munns و Tester (۲۰۰۸) با مروری بر مکانیزم‌های تحمل به شوری در گیاهان گزارش کردند که تنش اسمزی در مرحله اول تنش شوری موجب کاهش محتوی آب سلول‌ها گشته و طویل شدن آنها را با مشکل رو به رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طویل شدن آنها به کندی صورت می‌گیرد. عمده مشکل شوری برای گیاهان عالی در اثر مقادیر بیش از حد کلرید سدیم ایجاد فشار اسمزی، اختلال در جذب و انتقال یون‌های غذایی و اثرات سمیت مستقیم روی غشاءها و سیستم‌های آنزیمی می‌باشد که در کل موجب کاهش تولید در گیاه می‌گردند (Munns and Tester, 2008). در شرایط شور یکی از سازوکارهای گیاهان شوردوست برای تعدیل اثرات تنش، ذخیره آب در برگ‌ها می‌باشد (Khan *et al.*, 2006) که این امر موجب متورم و گوشتی شدن برگ‌های کوشیا شده و در نهایت درصد زیادی از وزن بوته را آب تشکیل می‌دهد. در این مطالعه در تیمار تنش شوری ۲۰dSm^{-1} میزان وزن تر شاخساره افزایش یافت که احتمالا به دلیل ذخیره آب در برگ‌ها باشد.

افزایش تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار (P≤۰/۰۱) وزن خشک شاخساره شد (جدول ۱). کاهش وزن خشک شاخساره با افزایش تنش شوری از تیمار شاهد به dSm^{-1} ۲۰ و ۴۰dSm^{-1} به ترتیب ۱۵ و ۴۹ درصد بود (جدول ۱).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

جدول ۱- اثر تنش شوری و عناصر کلسیم و پتاسیم بر صفات مورد مطالعه در کوشیا

صفات	شوری			عناصر		
	۰	۲۰	۴۰	کلسیم	پتاس	کلسیم + پتاس
وزن تر شاخساره ($g.plant^{-1}$)	۳۱/۳۲^{ab}	۳۵/۳۵^{a}	۲۲/۹۹^{b}	۲۸/۹۹^{a}	۳۰/۱۵^{a}	۳۰/۵۳^{a}
وزن خشک شاخساره ($g.plant^{-1}$)	۸/۶۱^{a}	۷/۲۹^{b}	۴/۳۸^{c}	۶/۴۷^{a}	۶/۶۳^{a}	۷/۱۸^{a}
درصد ماده خشک شاخساره	۲۷/۸۶^{a}	۲۰/۴۵^{b}	۱۸/۸۷^{b}	۲۲/۳۷^{a}	۲۱/۲۲^{a}	۲۳/۶۰^{a}
وزن تر ریشه ($g.plant^{-1}$)	۲۰/۸۶^{a}	۱۵/۵۰^{a}	۱۱/۱۶^{a}	۱۵/۹۰^{a}	۱۵/۳۴^{a}	۱۶/۲۷^{a}
وزن خشک ریشه ($g.plant^{-1}$)	۱/۵۰^{a}	۱/۰۲^{ab}	۰/۷۰^{b}	۱/۰۱^{a}	۱/۰۴^{a}	۱/۱۷^{a}
درصد ماده خشک ریشه	۷/۲۳^{a}	۶/۵۷^{a}	۶/۳۵^{a}	۶/۰۵^{a}	۶/۸۳^{a}	۷/۲۷^{a}
شاخص سطح سبز ($cm^2.plant^{-1}$)	۴۶۰/۴۴^{a}	۴۳۹/۸۴^{a}	۲۳۳/۴۶^{a}	۳۷۸/۵۲^{a}	۳۳۴/۳۷^{a}	۴۲۰/۸۴^{a}
حجم ریشه ($cc.plant^{-1}$)	۲۰/۵۰^{a}	۱۵/۳۹^{a}	۱۰/۹۴^{a}	۱۵/۷۲^{a}	۱۵/۳۳^{a}	۱۵/۷۸^{a}
سدیم اندام هوایی ($mg.g^{-1}dw$)	۱۱/۹۷^{b}	۴۷/۸۵^{ab}	۸۳/۷۲^{a}	۴۸/۴۷^{a}	۶۱/۶۲^{a}	۳۳/۴۴^{a}
پتاسیم اندام هوایی ($mg.g^{-1}dw$)	۳۴/۷۴^{a}	۲۸/۳۳^{a}	۲۵/۳۲^{a}	۲۷/۸۰^{a}	۳۰/۴۵^{a}	۳۰/۱۴^{a}
سدیم/پتاسیم اندام هوایی	۰/۷۱^{b}	۱/۹۵a^{b}	۳/۳۷^{a}	۲/۰۲^{a}	۲/۳۴^{a}	۱/۶۶^{a}
سدیم ریشه ($mg.g^{-1}dw$)	۴/۰۴^{b}	۵۰/۲۸^{a}	۴۹/۴۸^{a}	۳۰/۴۳^{a}	۳۹/۶۱^{a}	۳۳/۷۶^{a}
پتاسیم ریشه ($mg.g^{-1}dw$)	۲۸/۸۵^{a}	۲۲/۰۱^{a}	۱۴/۸۰^{b}	۲۰/۱۴^{a}	۲۴/۱۵^{a}	۲۱/۳۸^{a}
سدیم/پتاسیم ریشه	۰/۱۵^{b}	۲/۳۵^{a}	۳/۵۵^{a}	۱/۸۵^{a}	۲/۳۲^{a}	۱/۸۷^{a}
کلسیم اندام هوایی ($mg.g^{-1}dw$)	۵۷/۵۰^{a}	۳۵/۲۹^{b}	۳۴/۸۷^{b}	۵۱/۵۱^{a}	۴۰/۸۵^{a}	۳۵/۳۰^{a}
کلسیم ریشه ($mg.g^{-1}dw$)	۶۰/۲۸^{a}	۵۲/۹۹^{a}	۴۸/۴۴^{a}	۶۸/۵۸^{a}	۳۸/۳۲^{a}	۵۴/۸۳^{a}

در هر سطر و برای هر تیمار، بر اساس آزمون LSD حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵با هم ندارند.

استفاده از عناصر غذایی کلسیم و پتاسیم تاثیر معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) بر میزان وزن خشک شاخساره نداشت (جدول ۱). بررسی برهمکنش عناصر و تنش شوری نشان داد که میزان وزن خشک شاخساره در تیمار بدون تنش و کاربرد پتاسیم بیشتر از سایر تیمارها بود. همچنین در تیمار شوری $۲۰dSm^{-1}$ و $۴۰dSm^{-1}$، کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم باعث افزایش وزن خشک شاخساره نسبت به کاربرد جداگانه هر کدام از این عناصر گردید (جدول ۲). محیط شور دارای مقدار زیادی از یون‌های مضر Mg^{2+}، Cl^-، Na^+ و SO_4^{2-} می‌باشد که یا خود آنها مضرند یا باعث اختلال در متابولیسم عناصر غذایی دیگر می‌شوند. به عنوان مثال رقابت Na^+ با K^+ و Cl^- با NO_3^- سبب اختلال در جذب عناصر غذایی گیاه می‌شود که در نهایت منجر به کاهش وزن خشک اندام هوایی می‌گردند (Gorham, 1996). در گونه‌ای آرتروکنموم (*Arthrocnemum macrostachyum*) از خانواده اسفناجیان، وزن تر اندام هوایی تا شوری ۴۰۰ میلی‌مولار افزایش ولی در ۸۰۰ میلی‌مولار کاهش معنی‌داری یافت. همچنین شوری تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه و برگ داشت. وزن خشک اندام هوایی در شوری‌های ۲۰۰ و۴۰۰ میلی‌مولار به حداکثر خود رسید و نسبت به شاهد بدون شوری دو برابر شد (Gorham, 1996). در گیاه سوئدا فروتیکوزا (*Suaeda fruticosa*) وزن خشک اندام هوایی تا شوری ۲۰۰ و ۴۰۰ مول در متر مکعب افزایش یافت، ولی عملکرد اندام هوایی با شوری بیشتر کاهش یافت (Khan *et al.*, 2000).

نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش تنش شوری درصد ماده خشک شاخساره کاهش پیدا کرد و در شوری $۴۰dSm^{-1}$ نسبت به $۲۰dSm^{-1}$ میزان این کاهش به هشت درصد رسید. کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم نسبت به استفاده جداگانه هر یک از آنها موجب افزایش بیشتر درصد ماده خشک شاخساره شد (جدول ۱). بررسی برهمکنش عناصر و تنش شوری نشان داد که درصد ماده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

جدول۲- برهمکنش شوری و عناصر کلسیم و پتاسیم بر صفات مورد مطالعه در کوشیا

صفات	شوری								
	۰			۲۰			۴۰		
	کلسیم	پتاس	کلسیم+پتاس	کلسیم	پتاس	کلسیم+پتاس	کلسیم	پتاس	کلسیم+پتاس
وزن تر شاخساره($g.plant^{-1}$)	۲۹/۷۸^{a}	۳۶/۱۲^{a}	۲۸/۰۷^{a}	۳۷/۳۸^{a}	۳۱/۰۸^{a}	۳۷/۵۸^{a}	۱۹/۸۰^{a}	۲۳/۲۵^{a}	۲۵/۹۳^{a}
وزن خشک شاخساره($g.plant^{-1}$)	۸/۰۸^{a}	۹/۳۵^{a}	۸/۳۹^{a}	۷/۳۱^{a}	۶/۳۹^{a}	۸/۱۸^{a}	۴/۰۴^{a}	۴/۱۵^{a}	۴/۹۷^{a}
درصد ماده خشک شاخساره	۲۷/۱۷^{a}	۲۵/۹۱^{a}	۳۰/۴۹^{a}	۱۹/۵۳^{a}	۲۰/۰۴^{a}	۲۱/۷۹^{a}	۲۰/۳۹^{a}	۱۷/۶۹^{a}	۱۸/۵۲^{a}
وزن تراریشه($g.plant^{-1}$)	۲۱/۸۹^{a}	۲۲/۱۶^{a}	۱۸/۵۳^{a}	۱۸/۵۴^{a}	۱۴/۱۵^{a}	۱۳/۸۲^{a}	۷/۲۹^{a}	۹/۷۱^{a}	۱۶/۴۷^{a}
وزن خشک ریشه($g.plant^{-1}$)	۱/۴۸^{a}	۱/۵۷^{a}	۱/۴۳^{a}	۱/۱۸^{a}	۰/۹۵^{a}	۰/۹۴^{a}	۰/۳۷^{a}	۰/۶۰^{a}	۱/۱۳^{a}
درصد ماده خشک ریشه	۶/۸۴^{a}	۷/۱۸^{a}	۷/۶۸^{a}	۶/۳۲^{a}	۶/۸۱^{a}	۶/۵۶^{a}	۴/۹۹^{a}	۶/۴۹^{a}	۷/۵۶^{a}
شاخص سطح سبز($cm^{-2}.plant^{-1}$)	۵۴۵^{a}	۴۵۵a	۳۸۱^{a}	۴۰۹^{a}	۳۰۶^{a}	۶۰۴^{a}	۱۸۱^{a}	۲۴۳^{a}	۷۲۷^{a}
حجم ریشه($cc.plant^{-1}$)	۲۱/۸۳^{a}	۲۲/۳۳^{a}	۱۷/۳۳^{a}	۱۸/۶۷^{a}	۱۴/۰۰^{a}	۱۳/۵۰^{a}	۶/۶۷^{a}	۹/۶۷^{a}	۱۶/۵۰^{a}
سدیم اندام هوایی($mg.g^{-1}dw$)	۱/۵۷^{c}	۲/۹۲^{c}	۱/۴۱^{c}	۵۵/۰۸^{a}	۶۳/۶۰^{a}	۲۴/۸۷^{b}	۸۸/۷۷^{a}	۸۸/۳۴^{a}	۷۴/۰۴^{a}
پتاسیم اندام هوایی($mg.g^{-1}dw$)	۳۵/۰۶^{a}	۲۹/۵۵^{a}	۳۹/۶۰^{a}	۲۵/۱۲^{a}	۲۹/۸۱^{a}	۳۰/۰۶^{a}	۲۳/۲۱^{a}	۳۱/۹۹^{a}	۲۰/۷۶^{a}
نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی	۰/۰۵^{a}	۲/۰۴^{a}	۰/۰۴^{a}	۲/۲۱^{a}	۲/۲۴^{a}	۱/۴۰^{a}	۳/۸۲^{a}	۲/۷۶^{a}	۳/۵۴^{a}
سدیم ریشه($mg.g^{-1}dw$)	۵/۰۶^{a}	۳/۴۹^{a}	۳/۵۸^{a}	۴۳/۱۰^{a}	۵۹/۱۴^{a}	۴۸/۵۹^{a}	۴۳/۱۳^{a}	۵۶/۲۰^{a}	۴۹/۱۱^{a}
پتاسیم ریشه($mg.g^{-1}dw$)	۲۳/۸۸^{a}	۳۶/۴۶^{a}	۲۶/۲۳^{a}	۲۴/۲۸^{a}	۲۰/۰۷^{a}	۲۱/۶۹^{a}	۱۲/۲۶^{a}	۱۵/۹۲^{a}	۱۶/۲۲^{a}
نسبت سدیم به پتاسیم ریشه	۰/۲۱^{a}	۰/۱۰^{a}	۰/۱۳^{a}	۱/۸۲^{a}	۲/۹۳^{a}	۲/۳۰^{a}	۳/۵۱^{a}	۳/۹۴^{a}	۳/۱۹^{a}
کلسیم اندام هوایی($mg.g^{-1}dw$)	۶۸/۲۸^{a}	۶۲/۸۰^{a}	۴۱/۴۳^{a}	۴۷/۹۰^{a}	۲۴/۳۳^{a}	۳۳/۶۵^{a}	۳۸/۳۵^{a}	۳۵/۴۳^{a}	۳۰/۸۳^{a}
کلسیم ریشه($mg.g^{-1}dw$)	۸۱/۴۸^{a}	۳۳/۲۸^{a}	۶۶/۱۰^{a}	۷۱/۸۵^{a}	۳۸/۸۰^{a}	۴۸/۳۳^{a}	۵۲/۴۰^{a}	۴۲/۸۸^{a}	۵۰/۰۵^{a}

حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵با هم ندارند.

خشک شاخساره در تیمار بدون تنش و همراه با عناصر کلسیم و پتاسیم بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۲). کاربرد کلسیم و پتاسیم در تنش شوری $۲۰dSm^{-1}$ موجب افزایش درصد ماده خشک شاخساره نسبت به شوری $۴۰dSm^{-1}$ گردید، با این وجود تیمار تنش شوری $۴۰dSm^{-1}$ اثر کلسیم بر افزایش درصد ماده خشک شاخساره بیشتر از کاربرد جداگانه پتاسیم، همچنین کلسیم همراه با پتاسیم بود (جدول ۲). Kafi و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی دو توده کوشیا در شرایط آبیاری با آب شور گزارش کردند که توده سبزوار نسبت به توده هندی عملکرد بالاتری در شرایط تنش شوری دارد. همچنین آنها گزارش کردند که مقدار برگ تولیدی در کوشیا در سطوح شوری بین پنج تا $۲۰dSm^{-1}$ حدود سه تا ۳/۵ تن در هکتار و میزان ماده خشک اندام هوایی در این شرایط ۸/۵ تن در هکتار بود و بین تیمارهای شوری ذکر شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در بررسی تاثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشدی در گیاه کوشیا (نباتی و همکاران، ۱۳۹۱) وزن تر و خشک اندام هوایی بوته‌های کوشیا با افزایش شدت تنش شوری کاهش معنی‌داری پیدا کرد و همچنین درصد ماده خشک اندام هوایی نیز با افزایش سطح تنش شوری کاهش یافت.

از نظر وزن تر ریشه اثر تنش شوری و تیمارهای عناصر غذایی و برهمکنش شوری و عناصر غذایی معنی‌دار ($P\leq۰/۰۵$) نبود. با این وجود با افزایش سطح تنش شوری وزن تر ریشه کاهش پیدا کرد که این کاهش در تیمارهای $۲۰dSm^{-1}$ و $۴۰dSm^{-1}$ به ترتیب ۲۶ و ۴۷ درصد بود (جدول ۱). وزن تر ریشه در تیمار کلسیم همراه با پتاسیم نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از آنها بیشتر بود (جدول ۱). بررسی برهمکنش عناصر و تنش شوری نشان داد که کاربرد کلسیم و پتاسیم در تنش شوری $۴۰dSm^{-1}$ موجب افزایش وزن تر ریشه نسبت به تیمار شوری $۲۰dSm^{-1}$ گردید.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

افزایش تنش شوری موجب کاهش وزن خشک ریشه شد، درصد کاهش وزن خشک ریشه با افزایش تنش شوری از تیمار شاهد به $۲۰dSm^{-1}$ و $۴۰dSm^{-1}$ به ترتیب ۳۲ و ۵۳ بود (جدول ۱). کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم باعث افزایش وزن خشک ریشه نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از این عناصر گردید. برهمکنش شوری و عناصر کلسیم و پتاسیم بر وزن خشک ریشه نشان داد که در تیمار شوری $۴۰dSm^{-1}$، کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم باعث افزایش وزن خشک ریشه شد، از طرف دیگر در تیمار تنش شوری $۲۰dSm^{-1}$، کاربرد کلسیم به تنهایی توانست باعث افزایش وزن خشک ریشه گردد (جدول ۲). کاهش رشد ریشه و اندام هوایی در شرایط شوری ممکن است به علت تجمع زیاد یون سدیم در گیاه و در نتیجه کاهش فرآیندهای آنزیمی و سنتز پروتئین باشد (Tester and Davenport, 2003).

در این مطالعه با افزایش تنش شوری درصد ماده خشک ریشه کاهش یافت و این کاهش در شوری $۴۰dSm^{-1}$ نسبت به شاهد ۱۲ درصد بود (جدول ۱). در کاربرد توام عناصر کلسیم و پتاسیم درصد ماده خشک ریشه نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از آنها به ترتیب ۲۰ و هفت درصد افزایش داد (جدول ۱). بررسی برهمکنش عناصر و تنش شوری نشان داد که تیمار شاهد همراه با کاربرد توام کلسیم و پتاسیم بیشترین درصد ماده خشک ریشه را دارا بود (جدول ۲). در تیمار شوری $۴۰dSm^{-1}$ با کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم درصد ماده خشک ریشه نسبت به شوری $۲۰dSm^{-1}$ افزایش یافت. با این وجود اثر پتاسیم بر افزایش ماده خشک ریشه بیشتر از کلسیم بود (جدول ۲). ذخیره انرژی متابولیکی ممکن است اساس کاهش رشد گیاه در شرایط شور باشد. در این شرایط انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسمزی زیادتر شده و انرژی رشد کاهش می‌یابد (Kerepesi and Galiba, 2000). از کشت گیاهان در شرایط هیدروپونیک می‌توان در بررسی اثرات تنش‌های مختلف، همچون تنش‌های شوری، خشکی، ازدیاد یا کمبود عناصر غذایی استفاده کرد (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۳). در ارتباط با تأثیر شوری بر کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه در نخود گزارش‌هایی وجود دارد (Mudgal *et al.*, 2009). همچنین گزارش شده است که با افزایش شوری، وزن خشک اندام هوایی و ریشه ارقام نخود کاهش می‌یابد (Singla and Garg, 2005). Munns و Tester (۲۰۰۸) عنوان کردند که رشد گیاهان تحت تنش شوری ممکن است به دلیل کاهش آب قابل دسترس یا سمیت کلرید سدیم کاهش یابد. سمیت یونی، عدم تعادل عناصر غذایی، به هم خوردن تنظیم اسمزی از اثرات تنش شوری است. ریشه اندامی است که وظیفه جذب مواد غذایی و آب را به عهده دارد و تنش شوری عمدتاً از ناحیه ریشه به گیاه وارد می‌شود. بنابراین ریشه اولین اندامی است که با تنش شوری مواجه می‌شود و با توجه به تنظیم اسمزی و مکانیزم‌های اجتنابی که در جهت کاهش اثر شوری انجام می‌دهد مقدار زیادی از انرژی که از اندام‌های هوایی جهت رشد خود دریافت می‌کند، صرف مقابله با تنش شوری می‌نماید. این عمل باعث کاهش کارآیی ریشه در تأمین عناصر غذایی و آب برای سایر اندام‌ها می‌شود و مجموع این عوامل ممکن است کاهش وزن خشک ریشه را به دنبال داشته باشند.

با افزایش شوری از صفر به $۴۰dSm^{-1}$ شاخص سطح سبز در کوشیا کاهش یافت و کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم تاثیر مثبتی در افزایش شاخص سطح سبز نسبت به کاربرد کلسیم و پتاسیم به صورت جداگانه داشت و این افزایش به ترتیب نه و ۲۵ درصد نسبت به کاربرد جداگانه کلسیم و پتاسیم بود (جدول ۱). در برهمکنش شوری و عناصر کلسیم و پتاسیم، تیمارهای تنش شوری $۲۰dSm^{-1}$ و $۴۰dSm^{-1}$ همراه با کاربرد توام کلسیم و پتاسیم باعث افزایش سطح سبز بیشتری نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). کاهش سطح برگ و سرعت رشد محصول ممکن است به دلیل اثرهای منفی پتانسیل اسمزی بالا ناشی از شوری محلول غذایی باشد که جذب آب و عناصر غذایی را کاهش داده و در نهایت باعث کاهش رشد ساقه می‌گردد. همچنین کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری می‌تواند در اثر تغییر در انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش ارتفاع و یا به دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها باشد (Gorai *et al.*, 2010).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

در نخود نیز کاهش سطح برگ در پاسخ به شوری گزارش شده است (Beinsan *et al.*, 2009). شوری بر شاخص سطح برگ گیاهان دیگر نیز تأثیر منفی داشته است. به عنوان مثال، شاخص سطح برگ گلرنگ و گندم نیز با افزایش شوری در تمام مراحل رشد کاهش یافتند (یزدی، ۱۳۸۳؛ امام و نیک نژاد، ۱۳۸۳). به نظر می‌رسد کاهش شاخص سطح برگ در گیاه مخصوصاً در مراحل ابتدایی رشد به علت کاهش توانایی جذب آب توسط گیاه به واسطه تنش اسمزی حاصل از شوری باشد، در حالی که در مراحل بعدی احتمالاً تجمع عناصر در اندام‌های هوایی افزایش یافته و باعث پیری زودرس بر گ‌ها و ریزش آنها شده و بدنبال آن سطح برگ گیاه کاهش می‌یابد (یزدی، ۱۳۸۳). شوری می‌تواند از طریق دهیدراته شدن سلولی و کاهش توسعه برگ و همچنین نکروز شدن برگ‌ها و ریزش آنها به واسطه سمیت یونی، سطح سبز برگ در گیاه را کاهش دهد (Munns and Tester, 2008).

حجم ریشه با افزایش شدت تنش شوری کاهش یافت. درصد کاهش حجم ریشه با افزایش شوری از تیمار شاهد به $۲۰dSm^{-1}$ و $۴۰dSm^{-1}$ به ترتیب ۲۵ و ۴۷ بود. کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم باعث افزایش بیشتر حجم ریشه نسبت به کاربرد جداگانه هر کدام از این عناصر گردید (جدول ۱). بررسی اثر متقابل عناصر و تنش شوری نشان داد که بیشترین حجم ریشه در تیمار شاهد همراه با کاربرد پتاسیم به دست آمد در حالی که در تیمار شوری $۴۰dSm^{-1}$ کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از این عناصر بیشترین تاثیر را بر افزایش حجم ریشه داشت (جدول ۲). در آزمایشی که روی تاثیر شوری بر توسعه ریشه گیاه ارزن پادزهری صورت گرفت مشاهده شد که حجم ریشه با افزایش میزان شوری کاهش می‌یابد (عشقی زاده و همکاران، ۱۳۹۰).

اثر تنش شوری بر سدیم اندام هوایی در معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) بود. با افزایش تنش شوری میزان سدیم اندام هوایی در تیمارهای $۲۰dSm^{-1}$ و $۴۰dSm^{-1}$ نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۱). در تیمار کلسیم همراه با پتاسیم کمترین میزان سدیم اندام هوایی مشاهده شد. تاثیر کلسیم بر کاهش سدیم اندام هوایی بیشتر از پتاسیم بود. در برهمکنش شوری و عناصر کلسیم و پتاسیم، در تیمار شوری $۴۰dSm^{-1}$ کاربرد توام کلسیم و پتاسیم میزان سدیم اندام هوایی را نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از این عناصر به مقدار ۱۶ درصد کاهش داد (جدول ۲). در تیمار شاهد و در تیمار شوری $۲۰dSm^{-1}$ تاثیر کلسیم بر کاهش سدیم در اندام هوایی بیشتر از پتاسیم بود (جدول ۲). گزارش شده است که سدیم با افزایش شوری در گونه آتریپلکس نومولاریا *(Atriplex nummularia L.)* افزایش یافت در حالی که مقدار پتاسیم کاهش یافت (De Araujo *et al.*, 2006). برگ‌های لوبیا مقدار پتاسیم بیشتری در شرایط شوری کمتر (۳۰ میلی‌مولار) نسبت به شوری بیشتر (۶۰ میلی‌مولار) داشتند. اثرات آنتاگونیستی و کاهش جذب پتاسیم توسط یون سدیم در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است (Zuccarini, 2008). افزایش تنش شوری موجب کاهش پتاسیم اندام هوایی شد.

درصد کاهش پتاسیم اندام هوایی با افزایش تنش شوری از تیمار شاهد به $۲۰dSm^{-1}$ و $۴۰dSm^{-1}$ به ترتیب ۱۸ و ۲۷ بود (جدول ۱). کاربرد پتاسیم بیشترین تاثیر را در افزایش پتاسیم اندام هوایی از خود نشان داد. بررسی اثر متقابل عناصر و تنش شوری نشان داد که در تیمار شاهد و شوری $۲۰dSm^{-1}$ کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم بیشترین تاثیر را در افزایش پتاسیم اندام هوایی دارند در حالی که با افزایش شوری به $۴۰dSm^{-1}$ کاربرد پتاسیم به صورت جداگانه تاثیر بیشتری نسبت به کلسیم و کلسیم همراه با پتاسیم از خود نشان داد (جدول ۲). Balnokin و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که بالاتر بودن میزان یون‌های سدیم و پتاسیم در اندام هوایی نشان دهنده‌ی این است که هر دو یون برای حفظ اختلاف پتانسیل اسمزی از ریشه به ساقه نقش دارند.

با افزایش شدت تنش شوری نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی افزایش یافت و تیمار شوری $۴۰dSm^{-1}$ تفاوت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) با شاهد از خود نشان داد. با کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم بیشترین کاهش در نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی به دست آمد که این کاهش نسبت به کاربرد کلسیم و پتاسیم به صورت جداگانه به ترتیب ۱۸ و ۲۹ درصد بود (جدول ۱). بررسی برهمکنش عناصر و تنش شوری نشان داد که در تیمار شوری ۲۰dSm^{-1} کاربرد توام کلسیم و پتاسیم بیشترین تاثیر را در کاهش نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی داشت در حالی که با افزایش شدت تنش شوری کاربرد پتاسیم توانست این نسبت را به میزان بیشتری کاهش دهد (جدول ۲). Kerepesi و Galiba (۲۰۰۰) گزارش کردند بین غلظت سدیم در برگ‌های گندم و زیست توده ارتباط منفی وجود دارد. نسبت Na/K به عنوان شاخص تحمل و حساسیت واریته‌ها به شوری به کار می‌رود. اکثر آزمایش‌ها حاکی از افزایش غلظت Na و Cl و کاهش K در گیاهان در اثر افزایش شوری می‌باشد. مکان اصلی سمیت سدیم پهنک برگ می‌باشد جایی که سدیم بعد از تعرق در برگ تجمع می‌یابد. بیشتر سدیمی که به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود در آنجا باقی می‌ماند زیرا گیاه از طریق آوند آبکش مقدار کمی از سدیم را از اندام هوایی به ریشه منتقل می‌کند. فرآیندی که میزان سدیم را در اندام هوایی کنترل می‌کند میزان بارگیری سدیم در آوند چوب ریشه می‌باشد (Munns and Tester, 2008).

اثر تنش شوری بر سدیم ریشه معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش تنش شوری میزان سدیم ریشه در تیمارهای ۲۰dSm^{-1} و ۴۰dSm^{-1} نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت. در تیمار استفاده از کلسیم میزان سدیم ریشه در مقایسه با تیمار پتاسیم و کلسیم همراه با پتاسیم به ترتیب ۲۳ و ۱۰ درصد کمتر بود (جدول ۱). در برهمکنش شوری و عناصر کلسیم و پتاسیم، در تیمارهای شوری ۲۰dSm^{-1} و ۴۰dSm^{-1} کاربرد کلسیم در مقایسه با تیمارهای پتاسیم و کلسیم همراه با پتاسیم تاثیر بیشتری در کاهش سدیم ریشه از خود نشان داد (جدول ۲). در طی بروز تنش شوری علاوه بر کاهش جذب آب، تجمع برخی از یون‌ها در غلظت بالا در بافت گیاهان می‌تواند منجر به ایجاد سمیت و یا عدم تعادل یونی شود. به دلیل فراوانی و غالبیت دو یون سدیم و کلر در خاک و آب‌های شور از جذب بسیاری از عناصر پر مصرف و کم مصرف کاسته می‌شود از این رو نسبت غلظت یون‌های سدیم در مقایسه با کلسیم و پتاسیم افزایش می‌یابد (Naseer, 2001). یکی از اثرات مضر تنش شوری روی گیاهان، بر هم زدن تعادل عناصر غذایی مهمی از جمله پتاسیم، آهن و کلسیم بوده که غلظت این عناصر در گیاه تحت تاثیر میزان سدیم و کلسیم خارج سلولی می‌باشد. یون‌های کلسیم و سدیم دارای اثرات رقابتی با یکدیگر بوده و تنظیم مناسب این دو عنصر بر غلظت عناصر غذایی مذکور تاثیر بسزایی دارد (Renault, 2005).

افزایش تنش شوری موجب کاهش میزان پتاسیم ریشه شد. درصد کاهش پتاسیم ریشه با افزایش تنش شوری از تیمار شاهد به ۲۰dSm^{-1} و ۴۰dSm^{-1} به ترتیب ۲۴ و ۴۹ بود. کاربرد پتاسیم در مقایسه با تیمارهای کلسیم و کاربرد توام کلسیم و پتاسیم به مراتب میزان پتاسیم ریشه را به مقدار بیشتری افزایش داد (جدول ۱). بررسی برهمکنش عناصر و تنش شوری نشان داد که در شوری ۴۰dSm^{-1} بیشترین مقدار پتاسیم ریشه در تیمار کلسیم همراه با پتاسیم مشاهده شد، با این وجود تاثیر پتاسیم بر افزایش پتاسیم ریشه در این سطح شوری بیشتر از کلسیم بود (جدول ۲). برخی گیاهان مانند پوکسینیلا (*Puccinella tenuiflora*) از خانواده گندمیان ظرفیت بالایی در جذب پتاسیم نسبت به سدیم دارند، زیرا میزان سدیم در ساقه آن کمتر از گیاهان تجمع دهنده نمک می‌باشد (Wang *et al.*, 2002). Salehi و Kafi (۲۰۱۱) بیان کردند که با اعمال شوری از ۱/۵ به ۴۲ dSm^{-1} در مراحل اولیه رشدی نسبت پتاسیم به سدیم از ۱/۸۶ به ۰/۸۶ تغییر کرد.

با افزایش تنش شوری نسبت سدیم به پتاسیم در ریشه افزایش یافت. تیمارهای شوری ۲۰dSm^{-1} و ۴۰dSm^{-1} تفاوت معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) را نسبت به تیمار شاهد از خود نشان دادند. کاربرد کلسیم بیشترین تاثیر را در کاهش نسبت سدیم به پتاسیم ریشه از خود نشان داد که این کاهش نسبت به کاربرد پتاسیم ۲۰ درصد بود (جدول ۱). در بررسی برهمکنش تیمارهای شوری و کاربرد عناصر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

کلسیم و پتاسیم مشاهده شد که در تیمار شوری $۴۰dSm^{-1}$ کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم بیشترین تاثیر را در کاهش نسبت سدیم به پتاسیم ریشه از خود نشان داد و این در حالی است که تاثیر کلسیم بر کاهش این نسبت بیشتر از پتاسیم بود (جدول ۲).

Nedjimi و همکاران (۲۰۰۶) همبستگی مثبتی بین نسبت K/Na و تحمل نمک در تریتیکاله گزارش کردند. گیاهانی که از نسبت K/Na بالاتری برخوردارند از مقاومت بیشتری در برابر تنش شوری برخوردارند (Tuna *et al.*, 2007). در بعضی گونه‌ها که با دفع نمک به طور نسبی به خارج از گیاه و یا جذب انتخابی می‌پردازند، به نوعی مقاومت در برابر تنش دست می‌یابند. میزان انتقال سدیم به داخل گیاه و در نتیجه نسبت K/Na در اندام‌های مختلف با مقاومت گیاه در برابر شوری مرتبط است (Bouzid and Youcef, 2009). Alian و همکاران (۲۰۰۰) معتقدند که نسبت سدیم به پتاسیم، شاخصی برای نشان دادن تحمل گیاهان نسبت به تنش شوری می‌باشد. حیدری و همکاران (۱۳۸۶) نیز نشان دادند که با افزایش شوری، نسبت Na/K در بخش هوایی و دانه گندم افزایش می‌یابد.

میزان کلسیم در اندام هوایی گیاه کوشیا با افزایش شدت شوری کاهش یافت. تیمار استفاده از عنصر کلسیم بیشترین تاثیر را در افزایش این عنصر در اندام هوایی از خود نشان داد که این افزایش نسبت به کاربرد پتاسیم و کلسیم همراه با پتاسیم به ترتیب برابر با ۲۶ و ۴۶ درصد بود (جدول ۱). بررسی برهمکنش عناصر و تنش شوری نشان داد که کاربرد کلسیم در تیمارهای تنش شوری $۲۰dSm^{-1}$ و $۴۰dSm^{-1}$ در مقایسه با کاربرد پتاسیم و همچنین کاربرد توام پتاسیم و کلسیم باعث افزایش کلسیم اندام هوایی شد (جدول ۲).

با افزایش شدت تنش شوری میزان کلسیم در ریشه کاهش یافت. کاربرد جداگانه عناصر کلسیم و پتاسیم نشان داد که میزان کلسیم ریشه در تیمار استفاده از کلسیم ۷۹ درصد بیشتر از کاربرد پتاسیم بود، از طرف دیگر میزان کلسیم ریشه در تیمارکلسیم همراه با پتاسیم در مقایسه با کاربرد جداگانه پتاسیم ۴۳ درصد بیشتر بود (جدول ۱). در برهمکنش شوری و عناصر کلسیم و پتاسیم بیشترین مقدار کلسیم ریشه در تیمار شاهد همراه با کاربرد کلسیم به دست آمد، همچنین در تنش شوری $۲۰dSm^{-1}$ و $۴۰dSm^{-1}$ کاربرد کلسیم باعث افزایش کلسیم ریشه در مقایسه با کاربرد پتاسیم، و کلسیم همراه با پتاسیم گردید. با این وجود اثر کلسیم همراه با پتاسیم بر افزایش میزان کلسیم ریشه بیشتر از پتاسیم بود (جدول ۲).

نقش محلول پاشی کلسیم در بهبود و اصلاح اثرات مخرب کلرید سدیم بر رشد گیاهان تحت تنش به خوبی اثبات شده است (Bouzid and Youcef, 2009). تحقیقات نشان داد که در صورت وجود میزان مناسبی از کلسیم در محیط رشد ریشه جذب عناصری مانند پتاسیم بهبود یافت (Nedjimi *et al.*, 2006). Jiang و Duan (۲۰۰۶) در تحقیقی روی پنبه گزارش کردند که افزودن کلسیم به عنوان کاتیون اضافی به محیط خارجی رشد گیاه پنبه اثرات سوء نمک سدیم را تعدیل نموده است. تحقیقات انجام شده توسط Jiang و Duan (۲۰۰۶) همچنین نشان داد که کلسیم و پتاسیم نقش قابل توجهی در رشد و تحمل به شوری پنبه دارند. به طور کلی گزارش‌های متعدی مبنی بر اثرات سودمند کلسیم در تخفیف اثرات شوری آورده شده است که در اکثر آنها این اثرات به حفظ عمل غشاء پلاسمایی و نگهداری سلامت و انسجام در ریشه و ساقه مرتبط است (Nedjimi and Daoud, 2006; Kaya *et al.*, 2002). با افزایش سطح شوری تجمع و انتقال کلسیم به دلیل افزایش میزان سدیم کاهش یافت زیرا این دو یون در جذب و انتقال با یکدیگر رقابت دارند (Bouzid and Youcef, 2009). نقش کلسیم در تنظیم انتقال یون‌ها به سلول های گیاهی، تکامل ساختمان غشای پلاسمایی و کاهش نفوذپذیری غشاء نسبت به یون‌های کلر و سدیم و اصلاح هدایت هیدرولیکی ریشه است (Navarro and Carvajal, 2000). وجود مقدار کافی یون کلسیم در محیط کشت از طریق تأثیر بر جذب انتخابی پتاسیم در مقابل سدیم می‌تواند نسبت جذب پتاسیم به سدیم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

را افزایش دهد. از طرف دیگر، مناسب بودن وضعیت دیواره میانی سلول که کلسیم در ساختمان آن وجود دارد، باعث کاهش تراوش پتاسیم از سلول‌های ریشه به محیط خارج شده و در نتیجه وضعیت مطلوب‌تری از نظر تغذیه پتاسیم در ریشه ایجاد می‌شود. لذا به نظر می‌رسد که با افزایش کلسیم تحت شرایط شور بتوان اثرات نامطلوب شوری بر گیاه را کاهش داد (Navarro and Carvajal, 2000).

نتیجه‌گیری کلی:

به طور کلی کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم موجب حفظ بهتر خصوصیات رشدی اندام هوایی و ریشه و شاخص سطح سبز گردید. میزان سدیم اندام هوایی با کاربرد کلسیم همراه با پتاسیم کاهش یافت در حالی که میزان سدیم ریشه با کاربرد کلسیم به کمترین مقدار خود رسید.

منابع:

آخوندی، م.، صفرنژاد، ع. و لاهوتی، م. (۱۳۸۳) بررسی شاخص‌های مورفولوژی و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم یونجه (*Medicago sativa* L.) در برابر تنش اسمزی (PEG) مجله پژوهش و سازندگی (در زراعت و باغبانی) ۶۲: ۵۰-۵۷.

امام، ی. و نیک نژاد، م، (۱۳۸۳) مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز، ۵۷۶ صفحه.

حیدری، م.، نادیان، ح.، بخشنده، ع.، عالمی سعید، خ. و فتحی، ق. (۱۳۸۶) بررسی اثرات سطوح مختلف شوری و نیتروژن بر تنظیم کننده‌های اسمزی و جذب عناصر غذایی در گندم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۰: ۱۹۳-۲۱۰.

خوش‌گفتارمنش، ا. و سیادت، ح. (۱۳۸۱) تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. مرکز نشر و آموزش کشاورزی، کرج. ایران. ۸۷ صفحه.

عشقی زاده، ح.، کافی، م. و نظامی، ا. (۱۳۹۱) تأثیر شوری کلرید سدیم بر الگو و سرعت توسعه ریشه گیاه ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.). مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۵: ۱۳-۲۷.

نباتی، ج.، کافی، م.، نظامی، ا، رضوانی مقدم، پ.، معصومی، ع.، زارع مهرجردی، م. (۱۳۹۰) بررسی تولید روغن و زیست توده در کشاورزی شور زیست توسط کوشیا (*Kochia scoparia*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۹: ۶۱۵-۶۲۲.

نباتی، ج.، کافی، م.، نظامی، ا.، رضوانی مقدم، پ.، معصومی، ع.، زارع مهرجردی، م. (۱۳۹۱) بررسی تاثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشدی بر خصوصیات کمی و کیفی علوفه کوشیا. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۵: ۱۱۱-۱۲۸.

یزدی، م. (۱۳۸۳) ارزیابی تحمل به شوری ارقام گلرنگ با استفاده از آب شور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

Akinci, I. E. and Simsek, M. (2004) Ameliorative effects of potassium and calcium on the salinity stress in embryo culture of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal of Biological Sciences 4: 361-365.

Alian, A., Altman, A. and Heuer, B. (2000) Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. Plant Science 152: 59-65.

Balnokin, Y. V., Myasoedov, N. A., Shamsutdinov, Z. S. and Shamsutdinov, N. Z. (2005) Significant of Na and K for sustained hydratiom of organ tissues in ecologically distinct halophytes of the family Chenopodiaceae. Russian Journal of Plant Physiology 52: 882-890.

Beinsan, C., Camen, D., Sumalan, R. and Babau, M. (2009) Study concerning salt stress effect on leaf area dynamics and chlorophyll content in four bean local landraces from Banat area. In: Proceeding of the 44th Croatian and 4th International Symposium on Agriculture.

Bouzid, N. and Youcef, D. (2009) Ameliorative effect of $CaCl_2$ on growth, membrane permeability and nutrient uptake in *Atriplex halimus* sub sp. schweinfurthii grown at high (NaCl) salinity. Desalination 249: 163–166.

Chen, J., Yan, J., Qian, Y., Jiang,Y., Zhang, T., Guo, H., Guo, A. and Lio, J. (2009) Growth responces and ion regulation of four warm season turfgrasses to long-term salinity stress. Scientia Horticulturae 122: 620-625.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

Naseer, S. (2001) Response of barley *(Hordeum vulgare L.)* at various growth stages to salt stress. Journal of Biological Science 1: 326-259.

Navarro, J. M. Carvajal, M. (2000) Ammonium, bicarbonate and calcium effects on tomato plant grown under saline conditions. Plant Science 157: 89-96.

Nedjimi, B. and Daoud, Y. (2006) Effect of Na_2SO_4 on the growth, water relations, proline, total soluble sugars and ion content of *Atriplex halimus* subsp. schweinfurthii through *in vitro* culture. Annuls Biology 28: 35–43.

Nedjimi, B., Daoud, Y. and Touati, M. (2006) Growth, water relations, proline and ion content of in vitro cultured *Atriplex halimus* subsp. schweinfurthii as affected by $CaCl_2$. Communication in Biometry and Crop Science 1: 79–89.

Renault, S. (2005) Response of red osier dogwood (*Cornus stolonifera*) seedlings to sodium sulphate salinity: effects of supplemental calcium. Physiologia Plantarum. 123: 75–81.

Salehi, M. and Kafi, M. (2011) Initial irrigation time with saline water on the salt tolerance and ion content of *Kochia scoparia* (L. Schrad) at seedling stages. Spanish Journal Agricultural Research 2: 650-653.

Singla, R. and Garg, N. (2005) Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29: 231-235.

Tandon, H. L. S. (1995) Methods of analysis of soils, plants, water and fertilizers. FDCO, New Delhi Tattini, M., Gucci, R., Romani, A., Baldi, A. and Everard, D., (1996) Changes in non-structural carbohydrates in olive (*Olea europaea*) leaves during root zone salinity stress, Physiologia Plantarum 98: 117.

Tester, M. and Davenport, R. (2003) Na tolerance and Na transport in higher plants. Annals of Botany 91: 503-527.

Tuna, A. L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, L. and Yagmur, E. (2007) The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany 59: 173–178.

Wahomee, P. K., Jesch, H. H. and Pinker, I. (2001) Effect of sodium chloride stress on Rosa plants growing in vitro. Scientia Horticulturae 90:187-191.

Wang, S., Zheng, W., Ren, J., Zhang, C. *(*2002) Selectivity of various types of salt resistant plants for K over *Na*. Journal of Arid Environments 52: 457-472.

Zuccarini, P. (2008) Effect of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. Biologia Plantarum 52: 157-160.

De Araujo, S. A. M., Silveira, J. A. G., Rocha, I. M. A., Morais, D. L. and Viegas, R. A. (2006) Salinity tolerance of halophyte (*Atriplex nummularia* L.) grown under increasing NaCl levels. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental 10: 848-854.

Gorai, M., Ennajeh, M., Khemira, H. and Neffati, M. (2010) Combined effect of NaCl-salinity and hypoxia on growth, photosynthesis, water relations and solute accumulation in Phragmites australis plants. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants 205: 462-470.

Gorham, J. (1996) Mechanisms of salt tolerance of halophytes. In: Halophytes and Biosaline Agriculture. (eds. Choukr-Allah, R., Malcolm, C. V. and Hamdy, A.) Pp. 31-53. Marcel Dekker, New York.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. (1950) The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular p. 337.

Jiang, L. and L. Duan. (2006) NaCl salinity stress decreased Bacillus thuringiensis (Bt) protein content of transgenic Bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Seedlings. Environmental and Experimental Botany. 55: 315-320.

Kafi, M., Asadi, H. and Ganjeali, A. (2010) Possible utilization of high salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte *Kochia scoparia* as alternative fodder in saline agroecosystems. Agricultural Water Management 97: 139-147.

Kaya, C., Higgs, B. E. and Murillo-Amador, B. (2002) Influence of foliar applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt stress conditions. Australian Journal of Experimental Agriculture 42: 631–636.

Kerepesi, H. and Galiba, G. (2000) Osmotic and salt stress Induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Science 40: 482-487.

Khan, M. A., Ansari, R., Gul, B. and Qadir, M. (2006) Crop diversification through halophyte production on salt-prone land resources. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 1: 48.

Khan, M. A., Ungar, I. A. and Showalter, A. M. (2000) The effect of salinity on the growth, water status, and ion content of a leaf succulent perennial halophyte, *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. Journal of Arid Environments 45: 73-84.

Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A. and Mishra, S. (2009) Changes in growth and metabolic profile of chickpea under salt stress. Journal Applied Biosciences 23: 1436 -1446.

Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environment 25:239-250.

Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review Plant Physiology 59: 651-681.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.8.8.3]